

Karakterisasi dan Potensi *Acremonium* sp. Secara *In Vitro* Terhadap Cendawan Patogen *Fusarium oxysporum*

Characterization and Potential of *Acremonium* sp. Against Pathogenic Fungi *Fusarium oxysporum* *In Vitro*

DAVID IRVANTO¹, SRI LISTIYOWATI^{1,2*}

¹Program Studi Mikrobiologi, Sekolah Pasca Sarjana, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Diterima 25 Mei 2024/Diterima dalam Bentuk Revisi 24 Juni 2024/Disetujui 26 Juni 2024

Various natural interactions exist between fungi and plants, including mutualism and pathogenesis. This study evaluated the interaction of fungi *Acremonium* sp. to plants and pathogenic fungi. *Acremonium* sp. was isolated from the root tissue of an oil palm plant using surface sterilization methods before isolation. The potential pathogenicity interaction of *Acremonium* sp. was assayed towards Chinese white cabbage (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*) *in vitro*. Based on the PDA medium assay, isolated *Acremonium* sp. exhibited pathogenic traits against Chinese white cabbage within 14 days post-inoculation. Interestingly, *Acremonium* sp. showed antifungal activity against *Fusarium oxysporum* IPBCC.19.1468, with an average inhibition rate of 69.11%. Our data suggest the pathogenicity interaction of *Acremonium* sp. toward cabbage plant and fungi *F. oxysporum* IPBCC.19.1468.

Key words: *Brassica rapa*, Chinese white cabbage, inhibition, pathogenicity

PENDAHULUAN

Cendawan memiliki peran penting dalam ekosistem alami, berdasarkan kemampuannya dalam menyediakan sebagian nutrisi untuk tumbuhan maupun interaksinya sebagai patogen. Cendawan berinteraksi dengan tumbuhan dalam berbagai cara dan pada setiap interaksi yang terjadi akan menimbulkan perubahan yang berbeda pada keduanya (Zeilinger *et al.* 2016). Secara alami, tumbuhan berhasil melakukan pertahanan dan resisten terhadap sebagian besar patogen. Oleh karena itu, asosiasi simbiosis mutualis dan netral lebih mendominasi di alam (Staskawickz 2001).

Interaksi antara cendawan dengan inangnya dapat berperan sebagai mikoriza, endofit, maupun patogen (Bazin *et al.* 1990). Langkah awal yang dapat dilakukan untuk mempelajari hubungan antara cendawan dengan inangnya yaitu mengisolasi dan mengidentifikasi cendawan potensial yang kemungkinan dapat memberikan dampak berbeda-beda untuk setiap inangnya karena perbedaan

spesies inang, strategi dalam pengambilan sampel, dan kondisi kultur (Zhang *et al.* 2017).

Acremonium sp. yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari hasil isolasi melalui sterilisasi permukaan akar bibit kelapa sawit umur 7 bulan di pembibitan kelapa sawit, PT. Bumitama Gunajaya Agro, Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah. *Acremonium sclerotigenum* dari akar tomat yang terserang *Meloidogyne incognita*, memiliki aktivitas nematisida, yaitu filtratnya dapat menyebabkan kematian juvenil (fase J2) *M. incognita* hingga 95,5% dan secara signifikan menghambat penetasan telur (hingga 43%) (Yao *et al.* 2023). Tsekhmister & Kyslynska (2022) melaporkan bahwa *Acremonium cucurbitacearum* merupakan patogen yang menyerang perakaran tanaman cucurbitaceae, paprika, tomat, kemangi, dan peterseli. *Acremonium sclerotigenum* dan *Acremonium mali* dilaporkan sebagai patogen penyebab penyakit bercak coklat pada buah apel (Hou *et al.* 2019).

Disisi lain, *Acremonium alternatum* dilaporkan sebagai agen biokontrol cendawan patogen akar gada *Plasmodiophora brassicae* pada *Arabidopsis thaliana* dan *Brassica* (Auer & Muller 2015). Berkova *et al.* (2024) melaporkan bahwa cendawan endofit *Acremonium alternatum* dapat meningkatkan

*Penulis korespondensi:
E-mail: srili@apps.ipb.ac.id

toleransi tanaman *Brassica napus* terhadap cekaman salinitas dengan mengatur sinyal asam absisat, memperkuat sistem antioksidan tanaman yang menyebabkan penurunan tingkat ROS dan peningkatan fotosintesis.

Sampai saat ini belum terdapat laporan terkait interaksi *Acremonium* sp. terhadap kelapa sawit. Oleh karena itu, sebagai langkah awal, penelitian ini bertujuan untuk menguji patogenesis *Acremonium* sp. pada tanaman sawi putih (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*) dan antagonismenya terhadap cendawan patogen *Fusarium oxysporum* IPBCC.19.1468 secara *in vitro*.

BAHAN DAN METODE

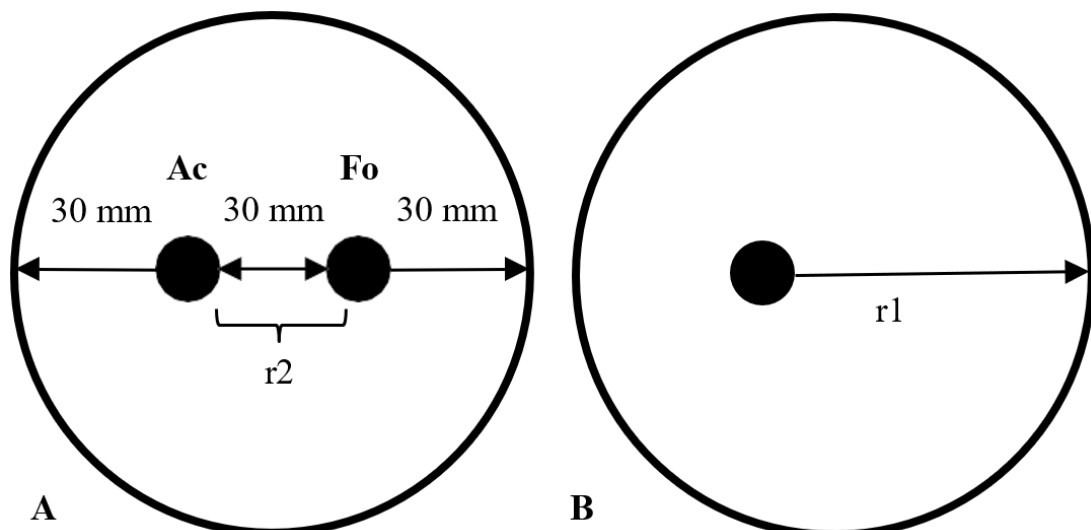
Alat dan Bahan. Alat utama yang digunakan terdiri atas biosafety cabinet II, autoklaf, mikroskop, timbangan analitik, microwave, dan peralatan gelas. Adapun bahan yang digunakan meliputi kultur cendawan *Acremonium* sp. koleksi Laboratorium Mikrobiologi, Departemen R&D, PT. Bumitama Gunajaya Agro, kultur *Fusarium oxysporum* IPBCC.19.1468, *potato dextrose agar* (PDA), Alkohol 70%, NaOCl 0,5%, dan benih sawi putih (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*).

Pengamatan Morfotipe dan Morfologi Cendawan. Pengamatan dilakukan terhadap warna koloni dan teksturnya pada umur 7–14 hari. Pengamatan mikroskopis menggunakan perbesaran 400 \times dan 1.000 \times . Struktur reproduksi cendawan yang diukur meliputi konidiofor dan konidium, masing-masing sebanyak 20 kali menggunakan aplikasi *Image J*. Identifikasi cendawan *Acremonium* sp. merujuk pada Watanabe (1937).

Uji Patogenesis. Metode pengujian mengacu pada (Harsonowati *et al.* 2020) dengan modifikasi.

Benih sawi putih (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*) dicuci dengan air mengalir dan diambil benih yang tenggelam dalam air, kemudian disterilasi permukaan dengan merendam benih dalam larutan NaOCl 0,5% selama 1 menit, direndam dalam alkohol 70% selama 30 detik, dan dibilas sebanyak 3 kali dengan akuades steril. Benih selanjutnya dikering anginkan pada tisu steril dalam cawan petri steril. Selanjutnya, sebanyak 5 benih ditumbuhkan pada permukaan media PDA dalam botol selai (\varnothing 7 cm, tinggi 11,5 cm), sejumlah 5 ulangan pada suhu ruang. Setelah benih berkecambah (\pm 3 hari setelah peletakkan benih pada media), dilakukan inokulasi cendawan *Acremonium* sp. dengan meletakkan 5 potong cuplikan koloni (\varnothing 0,5 cm, kultur umur 7 hari pada PDA) pada sisi kecambah sawi putih dan diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang dengan pencahayaan (lampu bohlam 10 watt) terus-menerus. Kontrol negatif dilakukan dengan meletakkan 5 benih sawi putih pada kondisi yang sama, namun tanpa diinokulasi cendawan. Gejala dievaluasi pada akhir pengamatan berdasarkan indeks 0 hingga 3. Indeks 0: tidak terdapat gejala pada tanaman, 1: tanaman menguning ringan, 2: tanaman menguning dan pertumbuhan lambat, dan 3: tanaman layu dan mati (Mahmoud dan Nariswara 2013).

Uji Antagonis. Uji Antagonis dilakukan dengan metode kultur ganda sebanyak 5 ulangan. Koloni *Acremonium* sp. (\varnothing 0,5 cm, umur 7 hari pada PDA) dipasangkan dengan *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 (\varnothing 0,5 cm, umur 7 hari pada PDA) dalam PDA cawan (\varnothing 9 cm) dengan jarak 3 cm, selanjutnya diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 ditumbuhkan pada media PDA cawan tanpa *Acremonium* sp. dan diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari sebagai kontrol (Gambar 1). Pertumbuhan jari-jari koloni *Fusarium* sebagai kontrol



Gambar 1. Skema uji antagonis. (A) Kultur ganda *Acremonium* sp. (Ac) dan *F. oxysporum* (Fo), (B) inokulum tunggal *F. oxysporum* patogen (kontrol)

maupun tumbuh berpasangan dengan *Acremonium* sp. diukur pada akhir pengamatan, yaitu pada 7 hari setelah inokulasi (hsi). Hasil uji antagonis dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Juariyah *et al.* 2019).

$$\text{Persen penghambatan} = \frac{r1 - r2}{r1} \times 100$$

r1: rata-rata jari-jari koloni patogen *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 yang ditumbuhkan sendiri (kontrol)

r2: jari-jari koloni patogen *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 menuju *Acremonium* sp. dalam kultur ganda

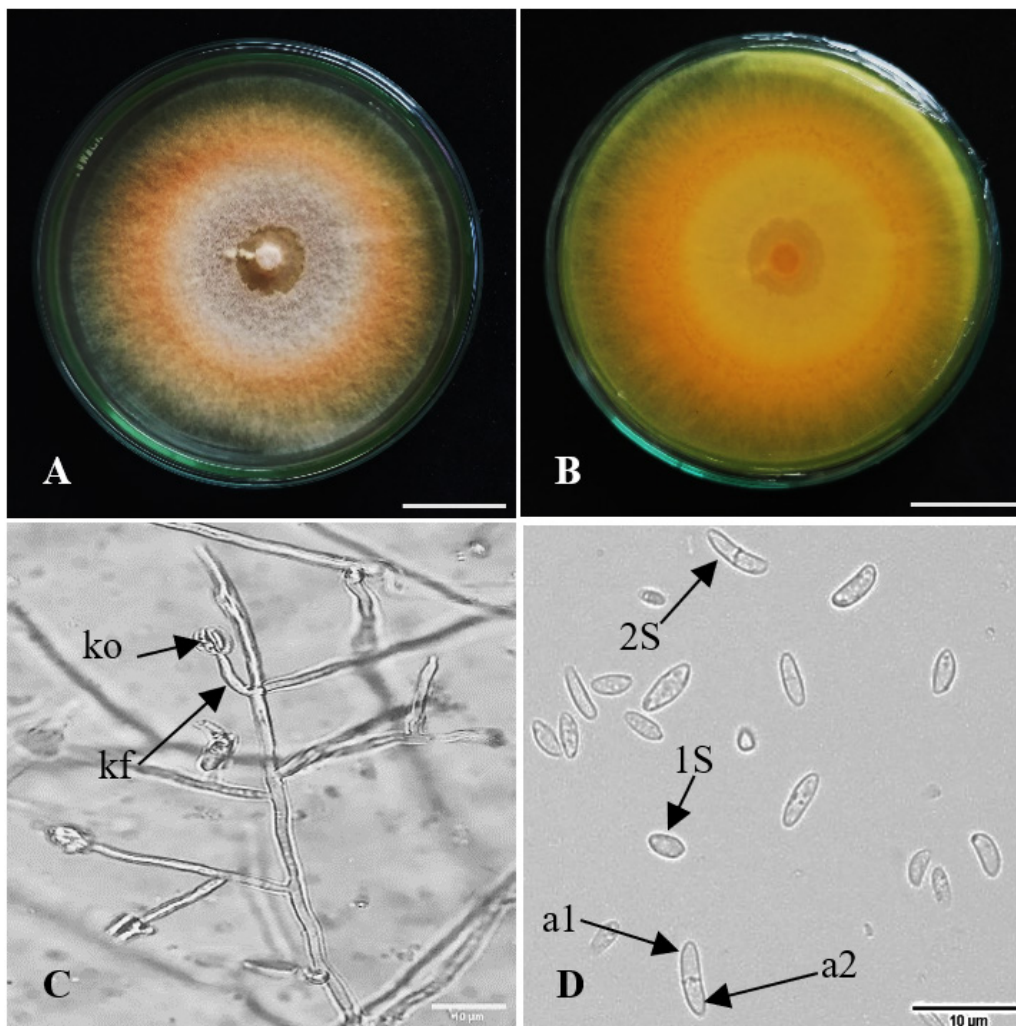
HASIL

Morfotipe dan Morfologi *Acremonium* sp.

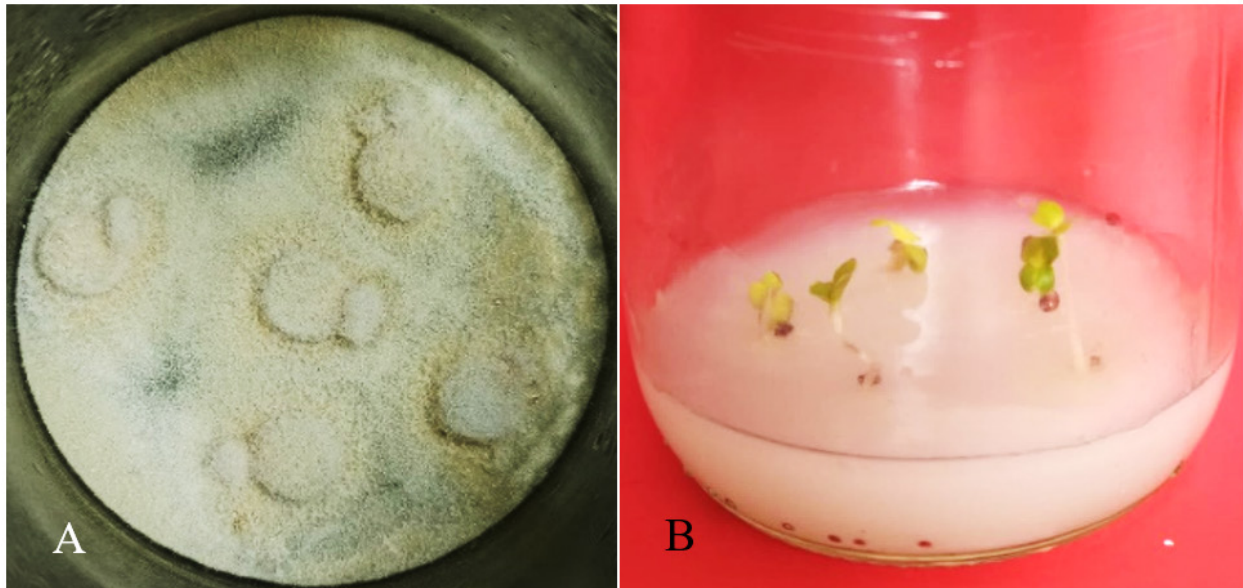
Bagian tengah permukaan atas koloni *Acremonium* sp. berwarna putih dan tepi koloninya berwarna orange pada umur 14 hari. Warna orange bertambah pekat seiring dengan bertambah umur koloni. Koloni bulat, tekstur permukaan atas seperti kapas,

membentuk hifa aerial, menghasilkan eksudat bening kekuningan, dan membentuk zona pertumbuhan pada umur 14 hari (Gambar 2A). Permukaan bawah koloni cendawan berwarna putih kekuningan hingga orange dan terdapat zona pertumbuhan (Gambar 2B). Secara mikroskopis, kulturnya memiliki hifa hialin, bersekat, diameter hifa 0,71-1,32 (-1,48) μm , konidiofor hialin, sederhana, dengan panjang 4,19-7,56 (-8,63) μm , lebar 0,44-0,79 (-0,97) μm , dan konidium hialin, bergerombol pada ujung konidiofor (Gambar 2C), konidium fusiform, 1-2 sel dengan panjang 3,57-6,23 (-7,00) μm , lebar tengah 1,20-1,89 (-1,91) μm , aksial 1 berukuran 0,90-1,46 (-1,60) μm , dan aksial 2 berukuran 0,88-1,56 (-1,72) μm (Gambar 2D).

Uji Patogenisitas. Cendawan *Acremonium* sp. terhadap tanaman sawi putih (*Brassica rapa* L. var. pekinensis) secara *in vitro*, menunjukkan bahwa pada 7 hsi, tanaman sawi putih mulai diselimuti oleh miselium cendawan. Seluruh tanaman uji mengalami kematian dan diselimuti oleh miselium pada 14 hsi (Gambar 3A), sedangkan pada perlakuan kontrol, tanaman sawi putih tumbuh dengan baik, tidak tampak gejala penyakit (Gambar 3B).



Gambar 2. Morfotipe dan morfologi *Acremonium* sp. (A) Permukaan atas koloni, (B) permukaan bawah koloni, (C) konidiofor (kf) dan konidium (ko), (D) konidium satu sekat (1S) dan dua sekat (2S). Skala = 1 cm (A-B), 10 μm (C-D)



Gambar 3. Uji patogenisitas *Acremonium* sp. terhadap benih sawi putih (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*). (A) Pertumbuhan benih bersama cendawan uji, (B) pertumbuhan benih kontrol

Uji Antagonis. Uji antagonis dengan metode kultur ganda antara *Acremonium* sp. dengan *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 pada media PDA menunjukkan *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 mengalami penghambatan yang tampak pada 7 hsi dengan rerata persen penghambatan sebesar 69,11% (Tabel 1).

PEMBAHASAN

Uji patogenisitas cendawan *Acremonium* sp. pada tanaman sawi putih (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*) menunjukkan bahwa seluruh tanaman uji mati pada akhir pengamatan. Dengan demikian, cendawan *Acremonium* sp. yang berhasil diisolasi dari perakaran bibit kelapa sawit merupakan patogen pada tanaman sawi putih. Avinas *et al.* (2021) melaporkan bahwa *Acremonium cucurbitacearum* merupakan patogen akar dan penyebab buah runtuh pada tanaman melon, labu, dan semangka. *Acremonium strictum*, dilaporkan sebagai penyakit baru pada tanaman stroberi (*Fragaria x Ananassa Duch.*) di Barat Laut Argentina. Cendawan ini menyebabkan nekrotik gelap pada daun dan tangkai daun stroberi, hingga tanaman menjadi layu dan mati (Racedo *et al.* 2013).

Kelapa sawit merupakan tanaman dari famili *Arecaceae*, sedangkan sawi putih berasal dari famili *Brassicaceae* sehingga kedua jenis tanaman ini akan memiliki respon yang berbeda terhadap kolonisasi cendawan. Tanaman sawi putih (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis*) digunakan sebagai tanaman uji karena telah dikenal sebagai tanaman rentan dengan sensitivitas dan respon yang cepat terhadap infeksi cendawan (Harsonowati *et al.* 2020). Hawksworth *et al.* (1995) menyatakan bahwa interaksi antara inang dengan cendawan endofit bergantung pada

Tabel 1. Persen penghambatan *Acremonium* sp. terhadap *F. oxysporum* IPBCC.19.1468

| Perlakuan | Jari-jari koloni <i>Fusarium</i> IPBCC.19.1468 | Persen penghambatan |
|--------------------------------------|--|---------------------|
| <i>Fusarium</i> vs <i>Acremonium</i> | 1,07 cm \pm 0,30 | 69,11% \pm 0,087 |
| <i>Fusarium</i> (kontrol) | 3,46 cm \pm 0,17 | |

kesehatan inang, cendawan, dan kondisi lingkungan. Interaksi yang terjadi kemungkinan dapat bersifat netral, mutualisme, ataupun antagonis yang dapat berubah seiring dengan waktu. *Acremonium* sp. yang diperoleh dari akar kelapa sawit diduga merupakan patogen lemah, sehingga tidak menyebabkan gejala penyakit pada akar kelapa sawit, dan dapat berubah menampilkan gejala patogen kuat pada tanaman rentan sehingga menyebabkan kematian saat tumbuh pada jaringan tanaman sawi putih.

Uji patogenisitas 25 cendawan dark septate endophyte (DSE) yang berasal dari akar tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) pada kecambah sawi putih menunjukkan bahwa 15 isolat tidak bersifat patogen yang ditandai dengan benih sawi putih berkecambah dan tumbuh dengan baik di atas koloni cendawan. Adapun sepuluh isolat lainnya bersifat patogen yang ditandai dengan benih tidak berkecambah maupun berkecambah tetapi pertumbuhannya tidak normal, dan diselubungi miselium cendawan (Dalimunthe *et al.* 2019). (Harsonowati *et al.* 2020) melaporkan pengujian terhadap 19 isolat DSE, sebanyak 6 isolat tidak menunjukkan gejala pada kecambah sawi putih dan 13 isolat merupakan patogen, menunjukkan gejala tanaman menguning ringan, menguning dan pertumbuhannya lambat, serta tanaman layu dan mati pada 2 minggu setelah inokulasi.

Cendawan akan memiliki manfaat untuk dikembangkan sebagai agen pengendali hayati jika memiliki persen penghambatan lebih dari 50% (Zhao *et al.* 2022). Uji antagonisme antara cendawan *Acremonium* sp. terhadap *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 memiliki rerata persen penghambatan sebesar 69,11%, sehingga cendawan ini berpotensi sebagai agen pengendali hayati. Živković *et al.* (2017) membagi kemampuan daya hambat cendawan uji terhadap cendawan patogen menjadi tiga kategori, yaitu kuat (>67%), sedang (36–66%), dan lemah (<35%). Dengan demikian, *Acremonium* sp. memiliki kemampuan daya hambat yang kuat (69,11%) terhadap *F. oxysporum* IPBCC.19.1468.

Mengacu pada Wheeler dan Hocking (1993), hasil uji antagonis *Acremonium* sp. terhadap *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 pada penelitian ini, kemungkinan memiliki reaksi penghambatan tipe b, yaitu dua cendawan saling menghambat saat terjadi kontak (Gambar 4A) atau terdapat ruang kosong antar koloni kurang dari 2 mm (Gambar 4B). Pada Gambar 4C nampak *Acremonium* sp. melewati permukaan atas koloni *F. oxysporum*, dan pada zona tumpang tindih nampak pertumbuhan koloni menipis. Hal tersebut kemungkinan hifa *F. oxysporum* mengalami penghambatan pada zona tumpang tindih tersebut, melalui metabolit yang dihasilkan oleh *Acremonium* sp. pada waktu bertemu dan kemungkinan aktivitas metabolit yang dihasilkan oleh *Acremonium* sp. kurang kuat, tidak mematikan, sehingga tidak menampakkan zona bening yang sangat nyata.

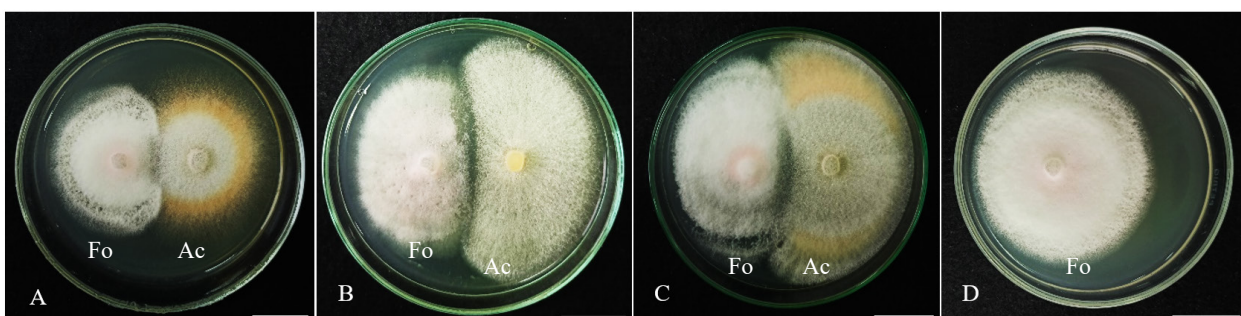
Sutio *et al.* (2022) melaporkan bahwa pengaplikasian cendawan *Acremonium varicolor* CBS 130360 pada tanaman bawang merah, mampu menekan penyakit moller yang disebabkan *Fusarium oxysporum* dengan tingkat keparahan penyakit sebesar 35% di lapang. Khan

et al. (2021) juga melaporkan bahwa, *Acremonium* sp. menghasilkan metabolit sekunder berupa, asam xanthurenic, asam valil aspartat, gancidin W, peptida, dan dipeptida siklik seperti valylarginine, siklo-[L-(4-hidroksi-Pro)-L-leu], siklo (Pro-Phe), dan (3S,6S)-3-benzil-6-(4-hidroksibenzil)piperazin-2,5-dione, (S)-3-(4-hidroksifenil)-2-((S)-pirolidin-2-karboksamido) asam propanoat, dibutil ftalat (DBP), 9-octadecenamide, D-erythro-C18-Sphingosine, N-palmitoyl sphinganine, dan hydroxypalmitoyl sphinganine sebagai antifungi terhadap *Fusarium oxysporum*, *Fusarium fujikuroi*, *Botrytis cinerea*, *Botryosphaeria dothidea*.

Acremonium sp. hasil penelitian ini memiliki persen penghambatan lebih dari 50%, sehingga memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai agen pengendali hayati, namun tidak dapat diaplikasikan di lapang karena dapat menginfeksi tumbuhan rentan. Cendawan *Acremonium* sp. yang diisolasi melalui sterilisasi permukaan dari akar tanaman kelapa sawit merupakan cendawan patogen terhadap sawi putih (*Brassica rapa* L. var. pekinensis) dan memiliki kemampuan untuk menghambat *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 secara *in vitro* dengan rerata persen penghambatan sebesar 69,11%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Divisi Mikologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University yang telah mendukung penelitian ini dan Laboratorium Mikrobiologi, Departmen R&D, PT. Bumitama Gunajaya Agro yang telah mengizinkan untuk menggunakan isolat *Acremonium* sp. asal kelapa sawit pada penelitian ini.



Gambar 4. Uji antagonis *Acremonium* sp. (Ac) terhadap *F. oxysporum* IPBCC.19.1468 (Fo) pada 7 hari setelah inokulasi. (A-C) Hasil uji kultur ganda, (D) koloni kontrol. *F. oxysporum* IPBCC.19.1468. Skala = 1 cm (A-D)

DAFTAR PUSTAKA

- Auer S, Muller JL. 2015. Biological control of clubroot (*Plasmiodiophora brassicae*) by the endophytic fungus *Acremonium alternatum*. *Journal of Endocytobiosis and Cell Research* 26:43–49.
- Avinas TS, Pillai HPJS, Birdar M, Shinde VM. 2021. A Review on fungal diseases of Cucurbitaceae and their management. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 10:653–672.
- Bazin MJ, Markham P, Scott EM, Lync JM. 1990. Population dynamics and rhizosphere interaction. In: Lynch JM (eds). *The Rhizosphere*. Chichester, UK: Wiley.
- Berkova V, Berka M, Stepankova L, Kovac J, Auer S, Mensikova S, Durcovic J, Kopriva S, Muller JL, Brzobohathy B, Cerny M. 2024. The fungus *Acremonium alternatum* enhances salt stress tolerance by regulating host redox homeostasis and phytohormone signaling. *Physiologia Plantarum* 176:e14328.
- Dalimunthe CI, Soekarno BPW, Munif A, Surono. 2019. Seleksi dan uji potensi cendawan dark septate endophyte sebagai agensia hayati penyakit jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman karet. *Jurnal Penelitian Karet* 37:11–20.
- Sutio G, Maharani R, Afifah AN. 2022. *Acremonium varicolor* strain 130360 vs *Trichoderma harzianum* strain MGQ2 in biocontrol: an overview of fungal antagonist applied against fungal pathogen *Fusarium oxysporum*, a cause of moler's disease in shallot. *Biovalentia: Biological Research Journal* 8:2477–1392.
- Harsonowati W, Marian M, Surono, Narisawa K. 2020. The Effectiveness of a dark septate endophytic fungus, *Cladophialophora chaetospora* SK51, to mitigate strawberry Fusarium wilt disease and with growth promotion activities. *Front Microbiol* 11:1–11.
- Hawksworth DL, Kirk PM, Sutton BC, Pegler DN. 1995. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 8th ed. Wallingford: CAB International.
- Hou YM, Zhang NN, Naklumpa W, Zhao WY, Liang XF, Sun GY, Gleason ML. 2019. Genera *Acremonium* and *Sarocladium* cause brown spot on bagged apple fruit in China. *Plant Disease* 103:1889–1901.
- Juariyah S, Tondok ET, Sinaga MS. 2019. *Trichoderma* dan *Gliocladium* untuk mengendalikan penyakit busuk akar Fusarium pada bibit kelapa sawit. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 14:196–204.
- Khan MS, Gao J, Munir I, Zhang M, Liu Y, Moe TS, Xue J, Zhang X. 2021. Characterization of endophytic fungi, *Acremonium* sp., from *Lilium davidii* and analysis of its antifungal and plant growth-promoting effects. *Hindawi BioMed Research International* 2738:1–14.
- Mahmoud RS, Nariswara K. 2013. A New fungal endophyte, *Scolecobasidium humicola*, promotes tomato growth under organic nitrogen conditions. *Plos One* 8:1–8.
- Racedo J, Salazar SM, Casstagnaro AP, Ricci JCD. 2013. A strawberry disease caused by *Acremonium strictum*. *Eur J Plant Pathol* 137:649–654.
- Staskawickz BJ. 2001. Genetics of plan-pathogen interactions specifying plant disease resistance. *Plant Physiol* 125:73–76.
- Tsekhmister HV, Kyslynska AS. 2022. *Plectosphaerella melonis* (Syn. *Acremonium cucurbitacearum*)-plant pathogenic organism. *Microbiological Journal* 3:92–100.
- Watanabe T. 1937. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species* 2nd ed. London: CRC Press.
- Wheeler KA, Hocking AD. 1993. Interactions among xerophilic fungi associated with dried salted fish. *J Applied Bacteriol* 74:164–169.
- Yao Y, Huo J, Ben H, Gao W, Hao Y, Wang W, Xu J. 2023. Biocontrol efficacy of endophytic fungus, *Acremonium sclerotigenum*, against *Meloidogyne incognita* under *in vitro* and *in vivo* conditions. *Biologia* 78:3305–3313.
- Zeilinger S, Gupta VK, Dahms TES, Silva RN, Singh HB, Upadhyay RS, Gome EV, Tsui CKM, Nayak SC. 2016. Friends or foes? emerging insights from fungal interactions with plants. *FEMS Microbiology Reviews* 40:182–207.
- Zhang H, Wang X, Li R, Sun X, Sun S, Li Q, Xu C. 2017. Preparation and bioactivity of exopolysaccharide from an endophytic fungus *Chaetomium* sp. of the medicinal plant *Gynostemma pentaphylla*. *Pharmacogn Mag* 13:477–482.
- Zhao X, Hou D, Xu J, Wang K, Hu Z. 2022. Antagonistic activity of fungal strains against *Fusarium* crown rot. *Plants* 11:1–11.
- Živković ST, Stošić SS, Stevanović ML, Gašić KM, Aleksić AG, Vučurović IB, Ristić DT. 2017. *Colletotrichum orbiculare* on watermelon: identification and *in vitro* inhibition by antagonistic fungi. *Matica Srpska J Nat Sci Novi Sad* 133:331–343.